



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 100 51 831 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
C 23 F 4/00
H 01 J 37/248

②① Aktenzeichen: 100 51 831.1
②② Anmeldetag: 19. 10. 2000
④③ Offenlegungstag: 2. 5. 2002

DE 100 51 831 A 1

⑦① Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑥① Zusatz zu: 199 33 841.8

⑦② Erfinder:
Breitschwerdt, Klaus, 70794 Filderstadt, DE; Becker,
Volker, 76359 Marxzell, DE; Laermer, Franz, Dr.,
71263 Weil der Stadt, DE; Schilp, Andrea, 73525
Schwäbisch Gmünd, DE

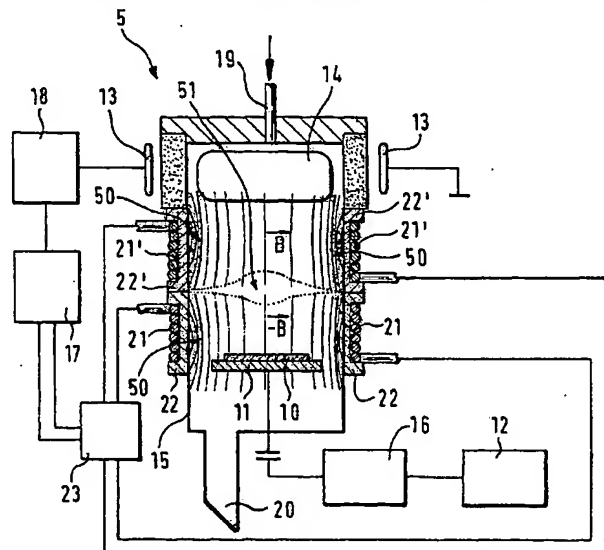
⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 197 06 682 C2
DE 42 41 045 C1
DE 199 33 841 A1
US 56 74 321
WO 00 32 839 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung und Verfahren zum Ätzen eines Substrates mittels eines induktiv gekoppelten Plasmas

⑤⑦ Es wird eine Vorrichtung (5) und ein mit dieser Vorrichtung (5) betriebenes Verfahren zum Ätzen eines Substrates (10), insbesondere eines Siliziumkörpers, mittels eines induktiv gekoppelten Plasmas (14) vorgeschlagen, wobei mit einer ICP-Quelle (13) ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld generiert wird, das in einem Reaktor (15) ein induktiv gekoppeltes Plasma (14) aus reaktiven Teilchen durch Einwirken des hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes auf ein Reaktivgas erzeugt. Weiterhin ist vorgesehen, dass zwischen dem Substrat (10) und der ICP-Quelle (13) ein statisches oder zeitlich variierendes Magnetfeld erzeugt wird, wozu mindestens zwei, übereinander angeordnete Magnetfeldspulen (21, 21') vorgesehen sind. Die Richtung des so erzeugten Magnetfeldes ist zudem näherungsweise parallel zu der durch die Verbindungslinie von Substrat (10) und induktiv gekoppeltem Plasma (14) definierten Richtung. Schließlich ist vorgesehen, dass mit einer ersten Magnetfeldspule (21') ein erstes Teilmagnetfeld (\vec{B}) und mit einer zweiten Magnetfeldspule (22) ein zweites, insbesondere an einem äquivalenten Ort gleichstarkes Teilmagnetfeld ($-\vec{B}$) erzeugt wird, die einander entgegengerichtet sind.



DE 100 51 831 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ätzen eines Substrates mittels eines induktiv gekoppelten Plasmas nach der Patentanmeldung DE 199 33 841.8.

Stand der Technik

[0002] In der Anmeldung DE 199 33 841.8 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Ätzen eines Substrates mittels eines induktiv gekoppelten Plasmas (ICP) beschrieben, wobei der eingesetzte Reaktor bereichsweise mit einer Magnetfeldspule umgeben ist, mit der in dem Reaktor ein statisches oder zeitlich variierende Magnetfeld erzeugbar ist. Weiter ist daraus bekannt, bei einem mit dieser Vorrichtung durchgeführten Ätzverfahren ein Magnetfeld zu erzeugen, dessen Richtung zumindest näherungsweise oder überwiegend parallel zu einer von der Verbindungslinie von Substrat und induktiv gekoppeltem Plasma definierten Richtung ist. [0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung war, ausgehend von DE 199 33 841.8, eine Vorrichtung und ein Verfahren bereitzustellen, mit dem höhere Ätzraten und weiter verbesserte Ätzprofile erreichbar sind.

Vorteile der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren zum Ätzen eines Substrates haben gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, dass damit bei anisotropen Ätzverfahren für Silizium, wie sie beispielsweise in DE 42 41 045 C1 bzw. DE 197 06 582 C2 patentiert sind, deutlich erhöhte Ätzraten bei gleichbleibender bzw. verbesserter Qualität des Ätzergebnisses, insbesondere hinsichtlich des Ganges der erzielten Profilform über der Substratoberfläche, erreichbar sind.

[0005] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen.

[0006] So hat die Verwendung von mindestens zwei, vorzugsweise genau zwei oder einer geraden Anzahl von übereinander angeordneten Magnetfeldspulen, die bevorzugt von paarweise einander entgegen gerichteten elektrischen Strömen durchflossen sind, den Vorteil, dass die Fernwirkungen der jeweils erzeugten Teilmagnetfelder reduziert sind, und dass ein geringeres resultierendes Magnetfeld am Ort der induktiven Plasmaerzeugung und am Ort des Substrates als im Fall lediglich einer Magnetfeldspule vorliegt. Zudem ist es auf diese Weise gleichzeitig vorteilhaft möglich, die das Plasma einschließenden Teilmagnetfelder und damit auch das resultierende Gesamtmagnetfeld im Bereich der Reaktorwand größer einzustellen als bisher.

[0007] Insbesondere werden durch die von einem paarweise entgegengesetzt gerichteten elektrischen Strom durchflossenen Magnetfeldspulen entgegengesetzt gerichtete Teilmagnetfelder erzeugt, was dazu führt, dass in einer Umgebung der Wicklungen der Magnetfeldspulen im Reaktorinneren, d. h. in einer Umgebung der Reaktorwand, die resultierende magnetische Feldstärke groß und von den benachbarten Spulen fast unbeeinflusst ist, während sich die von den einzelnen Magnetfeldspulen erzeugten Teilmagnetfelder im Inneren bzw. Zentrum des Reaktors, insbesondere im Bereich der Spulenmitten, teilweise aufheben so dass das dort vorliegende resultierende Magnetfeld gegenüber lediglich einer Magnetfeldspule deutlich reduziert ist. Darüber hinaus bewirkt die Anordnung derart paarweise gegensinnig durchströmter Magnetfeldspulen vorteilhaft auch die Aufhebung einer magnetischen Linsenwirkung und das Entstehen

hen einer nahezu feldfreien Driftzone im Inneren des Reaktors zwischen den jeweils aufeinanderfolgenden Magnetfeldspulen bzw. in einer Umgebung der Verbindungsebene benachbarter Magnetfeldspulen, so dass Inhomogenitäten aus dem Bereich der Plasmaquelle nicht unmittelbar auf das Substrat abgebildet werden.

[0008] Weiter ist auch vorteilhaft, dass durch die Verwendung von mindestens zwei Magnetspulen das am Ort des zu ätzenden Substrates herrschende Magnetfeld deutlich verringert, oder die Magnetfeldstärke in dem das Substrat umgebenden Randbereich des Reaktorinneren ohne Störeffekte gesteigert werden kann.

[0009] Durch die erfindungsgemäße Anordnung von mindestens zwei, insbesondere gegensinnig mit Strom beaufschlagten Magnetfeldspulen gelingt es somit, die vorteilhaften Wirkungen eines Magnetfeldes hinsichtlich einer effizienteren Plasmaanregung mit den Vorteilen zu verbinden, die sich dadurch ergeben, dass am Ort der Plasmaerzeugung und/oder am Ort des zu ätzenden Substrates gegenüber der Reaktorwand bzw. den Randbereichen ein geringeres und gleichzeitig homogeneres Magnetfeld vorherrscht, als im Fall lediglich einer Magnetfeldspule.

[0010] Vorteilhaft ist weiterhin, wenn eine gerade Anzahl von Magnetfeldspulen eingesetzt wird, die abwechselnd mit alternierender Stromrichtung beaufschlagt werden, so dass sich die Richtungen der von den Magnetfeldspulen jeweils erzeugten Teilmagnetfelder von einer Spule zur darauffolgenden ändern. Insgesamt ergibt sich durch die erfindungsgemäße Anordnung der Magnetfeldspulen zunächst eine Konzentration des Magnetfeldes auf den Wandbereich des Reaktorinneren bzw. die Innenwand der Distanzstücke, den Bereich des Substrates und den Bereich der induktiv gekoppelten Plasmaquelle.

[0011] Da es weiterhin hinsichtlich der Steigerung der Plasmaeffizienz und damit der erreichbaren Ätzraten ein Optimum der resultierenden Magnetfeldstärke im Inneren des Reaktors, insbesondere im Zentrum der Magnetfeldspulen gibt, das im Einzelfall zu ermitteln ist und im Bereich einiger mT liegt, wird es durch die erfindungsgemäße Anordnung mindestens zweier Magnetfeldspulen nunmehr möglich, die resultierende Magnetfeldstärke im Inneren des Reaktors, insbesondere in der Driftzone, daraufhin optimal abzustimmen, und gleichzeitig auch die resultierende Magnetfeldstärke im Bereich der Reaktorwand möglichst hoch zu halten, um eine hohe Ladungsträgerreflexion bzw. einen guten magnetischen Plasmaeinschluss sicherzustellen.

[0012] Dies beruht darauf, dass durch die Erzeugung einander entgegen gerichteter, vorzugsweise an äquivalenten oder einander entsprechenden Orten hinsichtlich der Amplitude gleichstarker Teilmagnetfelder der verschiedenen Magnetfeldspulen erreicht wird, dass das resultierende Magnetfeld bei einer Anordnung von zwei Spulen gegenüber lediglich einer Spule abnimmt und auf der Symmetrieebene zwischen den Spulen sogar verschwindet, d. h. es entsteht zwischen den beiden Magnetfeldspulen ein nahezu feldfreier Innenraumbereich bzw. eine Driftzone, über die sich das erzeugte Plasma nahezu ungestört ausbreiten kann, und dass gleichzeitig in der Umgebung der Reaktorwand die resultierende magnetische Feldstärke relativ groß bleibt, so dass dieses dort nach Art einer magnetischen Flasche Elektronen- und Ionenverluste wirksam verhindert.

[0013] Die resultierende magnetische Feldstärke im Inneren der Spulen wird auf diese Weise weiter reduziert, und zwar umso stärker, je näher man sich der Symmetrieebene zwischen den beispielsweise zwei Magnetfeldspulen annähert. Andererseits nimmt die resultierende Magnetfeldstärke in einem Abstand von den einzelnen Magnetfeldspulen rasch ab, d. h. das Magnetfeld wird auf die einander abge-

wandten Öffnungen der Spulen und auf die Wände des Reaktors konzentriert, was zu der erläuterten magnetischen Flasche mit Feldkonzentration am Rand und gleichmäßigem Plasmapotentialverlauf im Inneren ohne Inhomogenitäten oder Störungen durch Wandwechselwirkungen führt. Somit ist das resultierende Magnetfeld vor allem in der Umgebung der Austrittsöffnungen der Magnetfeldspulen, insbesondere der dem erzeugten Plasma zugewandten Austrittsöffnung der obersten Magnetfeldspule, noch ausreichend stark, um eine deutlich effizientere Plasmaanregung als ohne Magnetfeld zu leisten. Schließlich beseitigt die Anordnung von mehreren Magnetfeldspulen die bereits erwähnte, unerwünschte magnetische Linsenwirkung hinsichtlich der Abbildung von Plasmainhomogenitäten auf das Substrat, was zu einem uniformeren Gesamtätzbild führt.

[0014] Bei der Anordnung des zu ätzenden Substrates in dem Reaktor ist vorteilhaft, wenn dieses symmetrisch zwischen den Magnetfeldspulen angeordnet ist, oder, besonders vorteilhaft, wenn sich das Substrat in einem unteren Bereich oder Ausgangsbereich einer beispielsweise zweiten, dem Plasma abgewandten Magnetfeldspule befindet. Dabei wird das Substrat vorteilhaft zwar in dem unteren Bereich oder Ausgangsbereich dieser zweiten Magnetfeldspule angeordnet, jedoch noch innerhalb des von der zweiten Magnetfeldspule definierten, näherungsweise zylinderförmigen Raumes. In diesem Zusammenhang ist weiter vorteilhaft, wenn sich auch die Substratelektrode noch innerhalb dieses Ausgangsbereiches befindet.

[0015] Im Übrigen ist vorteilhaft, dass durch die Anordnung von mindestens zwei, übereinander angeordneten Magnetfeldspulen mit entgegen gerichteten Magnetfeldern, wobei bevorzugt jedem der Magnetfeldspulen ein Distanzstück zugeordnet ist, das in die Wand des Reaktors eingesetzt ist, die ansonsten in DE 199 33 841.8 beschriebenen Vorteile der dortigen Vorrichtung bzw. des dortigen Verfahrens gewahrt werden können bzw. die dort erreichten Ätzergebnisse qualitativ sogar noch deutlich übertroffen werden. Insbesondere lässt sich ohne Weiteres auch mit den mindestens zwei, übereinander angeordneten Magnetfeldspulen ein Ätzverfahren mit zeitlich variierenden, insbesondere periodisch gepulsten Magnetfeldern gemäß DE 199 33 841.8 durchführen.

Zeichnung

[0016] Die Erfindung wird anhand der Zeichnung und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Die Fig. 1 zeigt eine schematisierte Plasmaätzanlage.

Ausführungsbeispiele

[0017] Die Erfindung geht zunächst aus von einer Plasmaätzanlage 5 wie sie in ähnlicher Form in DE 199 33 841.8 bereits beschrieben ist. Im Einzelnen weist die Plasmaätzanlage 5 einen Reaktor 15 auf, in dessen oberem Bereich über eine ICP-Quelle 13 ein induktiv gekoppeltes Plasma 14 erzeugt wird. Weiterhin ist eine Gaszufuhr 19 zur Zufuhr eines Reaktivgases wie beispielsweise SF_6 , ClF_3 , O_2 , C_4F_8 , C_3F_8 , SiF_4 oder NF_3 , eine Gasabfuhr 20 zur Abfuhr von Reaktionsprodukten, ein Substrat 10, beispielsweise ein mit dem erfindungsgemäßen Ätzverfahren zu strukturierender Siliziumkörper oder Siliziumwafer, eine mit dem Substrat 10 in Kontakt befindliche Substratelektrode 11, ein Substratspannungsgenerator 12 und ein erster Impedanztransformator 16 vorgesehen.

[0018] Der Substratspannungsgenerator 12 koppelt weiter in die Substratelektrode 11 und darüber in das Substrat 10 eine Wechselspannung oder Hochfrequenzleistung ein, die

eine Beschleunigung von in dem induktiv gekoppelten Plasma 14 erzeugten Ionen auf das Substrat 10 bewirkt. Die darüber eingekoppelte Hochfrequenzleistung bzw. Wechselspannung liegt typischerweise zwischen 3 Watt und 50 Watt bzw. 5 Volt und 100 Volt im Dauerstrichbetrieb bzw. bei gepulstem Betrieb jeweils im Zeitmittel über die Pulssequenz.

[0019] Weiterhin ist ein ICP-Spulengenerator 17 vorgesehen, der mit einem zweiten Impedanztransformator 18 und darüber mit der ICP-Quelle 13 in Verbindung steht. Somit generiert die ICP-Quelle 13 ein hochfrequentes elektromagnetisches Wechselfeld und darüber in den Reaktor 15 ein induktiv gekoppeltes Plasma 14 aus reaktiven Teilchen und elektrisch geladenen Teilchen (Ionen), die durch Einwirken des hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes auf das Reaktivgas entstanden sind. Die ICP-Quelle 13 weist dazu eine Spule mit mindestens einer Windung auf, die beispielsweise außen an einem Kessel oder eben auf einer im Weiteren noch zu erläuternden obersten Magnetfeldspule abdeckende dielektrischen Platte platziert ist.

[0020] Der zweite Impedanztransformator 18 ist bevorzugt in der in DE 199 00 179 C1 vorgeschlagenen Weise ausgeführt, so dass eine balancierte, symmetrisch aufgebaute Konfiguration und Speisung der ICP-Quelle 13 über den ICP-Spulengenerator 17 gegeben ist. Damit wird insbesondere gewährleistet, dass die an den beiden Enden der Spule der ICP-Quelle 13 anliegenden hochfrequenten Wechselspannungen zumindest nahezu gegenphasig gleich zu einander sind. Weiter ist der Mittelabgriff der Spule der ICP-Quelle bevorzugt geerdet.

[0021] In der Fig. 1 ist weiter vorgesehen, dass zwischen dem induktiv gekoppelten Plasma 14 bzw. der ICP-Quelle 13, d. h. der eigentlichen Plasmaerregungszone, und dem Substrat 10 zwei sogenannte "Spacer" als erstes Distanzstück 22' und zweites Distanzstück 22 übereinander angeordnet sind. Diese Distanzstücke 22 bzw. 22' sind beispielsweise aus Aluminium ausgeführt und in die Wand des Reaktors 15 als Distanzringe eingesetzt. Sie haben jeweils eine typische Höhe von ca. 5 cm bis 30 cm, vorzugsweise 15 cm, bei einem typischen Durchmesser des Reaktors 15 von 30 cm bis 100 cm. Das erste Distanzstück 22' und das zweite Distanzstück 22 umgibt weiter jeweils eine zugeordnete erste Magnetfeldspule 21' bzw. eine zweite Magnetfeldspule 21, die jeweils 100 bis 500 Windungen aufweisen und aus einem für die einzusetzende Stromstärke ausreichend dick bemessenen Kupferlackdraht gewickelt sind. Zusätzlich können Kupferrohre mit in die Magnetfeldspulen 21 bzw. 21' aufgenommen sein, um durch diese Kupferrohre durchströmendes Kühlwasser Wärmeverluste aus den Magnetfeldspulen 21, 21' abzuführen. Durch die Magnetfeldspulen 21, 21' wird weiter über eine Stromversorgungseinheit 23 jeweils ein elektrischer Strom von beispielsweise 1 bis 100 Ampere, vorzugsweise 5 A bis 10 A, geleitet. Dabei ist der durch die zweite Magnetfeldspule 21 geleitete elektrische Strom dem durch die erste Magnetfeldspule 21' geleiteten elektrischen Strom entgegengerichtet, so dass im Inneren des Reaktors 15 zwei Teilmagnetfelder (B , $-B$) entstehen, die einander entgegen gerichtet sind. Bevorzugt sind die Stromstärken durch die erste Magnetfeldspule 21' und die zweite Magnetfeldspule 21 weiter so gewählt, dass die Amplituden der Feldstärken der beiden Teilmagnetfelder im Inneren des Reaktors 15 an einander entsprechenden Orten gleich sind. Somit entsteht im Inneren des Reaktors 15 eine nahezu feldfreie Driftzone 51 des erzeugten Plasmas 14, während in einer Umgebung der Reaktorwand 50 ein relativ hohes Magnetfeld vorliegt.

[0022] Im einfachsten Fall sind die Ströme durch die Magnetfeldspulen 21, 21' jeweils Gleichströme, die im Inneren des Reaktors 15 ein statisches Magnetfeld erzeugen, das bei-

spielsweise eine magnetische Feldstärke im Zentrum der Magnetfeldspulen 21 bzw. 21' von jeweils etwa 1 mT bis 20 mT erzeugt.

[0023] Im Übrigen ist vorgesehen, dass das Substrat 10 mit der damit verbundenen Substratelektrode 11 in einem unteren Bereich oder Ausgangsbereich der zweiten, dem Plasma 14 abgewandten Magnetfeldspule 21 angeordnet ist. Dabei ist zu beachten, dass sich das Substrat 10 noch innerhalb des von der zweiten Magnetfeldspule 21 definierten Raumes befindet. Alternativ kann das Substrat 10 jedoch auch symmetrisch zwischen den beiden Magnetfeldspulen 21 bzw. 21' angeordnet sein, wo die beiden Teilmagnetfelder (\vec{B} , $-\vec{B}$) sich aufgrund der aneinander entgegengesetzten Richtung weitestgehend aufheben, d. h. das Substrat 10 mit der Substratelektrode 11 befindet sich in der Driftzone 51 bzw. einem nahezu magnetfeldfreien Raum. Im Bereich der Reaktorwand 50, die das Substrat 10 zylindrisch umgibt, sind die vorliegenden Magnetfelder andererseits auch in dieser Konfiguration noch ausreichend groß, beispielsweise 10 mT bis 20 mT, um eine Plasma-Wand-Wechselwirkung und damit Störungen des Plasmapotentials wirksam zu unterdrücken.

[0024] Besonders vorteilhaft ist weiter, wenn sowohl das Substrat 10 als auch die damit in Verbindung stehende Substratelektrode 11 derart angeordnet sind, dass sie zumindest in geringem Umfang dem Teilmagnetfeld ($-\vec{B}$) der zweiten, dem Plasma 14 abgewandten Magnetfeldspule 21 ausgesetzt sind. Im Übrigen sei betont, dass die von den Magnetfeldspulen 21, 21' erzeugten Magnetfelder zumindest näherungsweise parallel zu der durch die Verbindungslinie von Substrat 10 und induktiv gekoppeltem Plasma 14 definierten Richtung sind.

[0025] Hinsichtlich weiterer Details zu dem mit der erläuterten Plasmaätzenanlage 5 durchgeführten Ätzverfahren sowie weiteren Einzelheiten zu der Plasmaätzenanlage 5, die über das Vorsehen mindestens zweier Magnetfeldspulen mit den erläuterten Amplituden, Richtungen und Orientierungen der Teilmagnetfelder sowie der erläuterten Anordnung des Substrates 10 bzw. der Substratelektrode 11 in dem Reaktor 15 hinausgehen, sei auf die Anmeldung DE 199 00 841.8 verwiesen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, mittels eines induktiv gekoppelten Plasmas, mit einer ICP-Quelle zum Generieren eines hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes und einem Reaktor zum Erzeugen des induktiv gekoppelten Plasmas aus reaktiven Teilchen durch Einwirken des hochfrequenten elektromagnetischen Wechselfeldes auf ein Reaktivgas, wobei ein erstes Mittel vorgesehen ist, das zwischen dem Substrat und der ICP-Quelle ein statisches oder zeitlich variierendes Magnetfeld erzeugt, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Mittel mindestens zwei übereinander angeordnete Magnetfeldspulen (21, 21') aufweist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetfeldspulen (21, 21') den Reaktor (15) zumindest bereichsweise zwischen der ICP-Quelle (13) und dem Substrat (10) umgeben.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Wand des Reaktors (15) zumindest bereichsweise von einem oder mehreren, den Magnetfeldspulen (21, 21') zugeordneten Distanzstücken (22, 22') gebildet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der von den Magnet-

feldspulen (21, 21') jeweils erzeugten Teilmagnetfelder (\vec{B} , $-\vec{B}$) über eine Stromversorgungseinheit (23) zeitlich variierbar, insbesondere pulsbar, ist.

5. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei der Magnetfeldspulen (21, 21') von entgegengesetzt gerichteten elektrischen Strömen durchflossen sind.

6. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit den Magnetfeldspulen (21, 21') ein statisches oder periodisch variierendes, insbesondere gepulstes Magnetfeld erzeugbar ist, dessen Richtung zumindest näherungsweise parallel zu der durch die Verbindungslinie von Substrat (10) und induktiv gekoppeltem Plasma (14) definierten Richtung ist.

7. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) insbesondere symmetrisch zwischen den Magnetfeldspulen (21, 21') angeordnet ist.

8. Vorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) in einem unteren Bereich oder Ausgangsbereich der dem Plasma (14) abgewandten Magnetfeldspule (21), insbesondere noch innerhalb des von der zweiten Magnetfeldspule (21) definierten Raumes, angeordnet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (10) insbesondere mit einer damit in Verbindung stehenden Substratelektrode (11) derart angeordnet ist, dass es dem Teilmagnetfeld ($-\vec{B}$) der dem Plasma (14) abgewandten Magnetfeldspule (21) ausgesetzt ist.

10. Verfahren zum Ätzen eines Substrates, insbesondere eines Siliziumkörpers, mit einer Vorrichtung nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei bei dem Ätzen mit den Magnetfeldspulen ein statisches oder periodisch variierendes, insbesondere gepulstes Magnetfeld erzeugt wird, dessen Richtung zumindest näherungsweise parallel zu der durch die Verbindungslinie von Substrat und induktiv gekoppeltem Plasma definierten Richtung ist, dadurch gekennzeichnet, dass mit einer ersten Magnetfeldspule (21') ein erstes Teilmagnetfeld (\vec{B}) und mit einer zweiten Magnetfeldspule (21) ein zweites, insbesondere hinsichtlich der Amplitude der Feldstärke an einem äquivalenten Ort gleichstarkes Teilmagnetfeld ($-\vec{B}$) erzeugt wird, die einander entgegengerichtet sind.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die von der ersten und der zweiten Magnetfeldspule (21, 21') erzeugten Teilmagnetfelder (\vec{B} , $-\vec{B}$) jeweils mit einer Amplitude der Feldstärke im Inneren des Reaktors (15) zwischen 1 mT und 100 mT, insbesondere 1 mT bis 5 mT, erzeugt werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die von der ersten und der zweiten Magnetfeldspule (21, 21') erzeugten Teilmagnetfelder (\vec{B} , $-\vec{B}$) jeweils im Inneren des Reaktors (15) in einer Umgebung der Reaktorwand (50) mit einer Amplitude der Feldstärke zwischen 10 mT und 100 mT, insbesondere 10 mT bis 30 mT, erzeugt werden.

13. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass über mindestens eine Stromversorgungseinheit (23) mindestens eines der von den Magnetfeldspulen (21, 21') erzeugten Teilmagnetfelder (\vec{B} , $-\vec{B}$) als gepulstes Teilmagnetfeld erzeugt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetfeld oder die Teilmagnetfel-

der (B , $-B$) mit einer Frequenz von 10 Hz bis 20 kHz gepulst werden, wobei ein Puls-Pause-Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 100 eingestellt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Pulsen mit einem Pulsen der eingekoppelten Plasmaleistung und/oder einem Pulsen der über den Substratspannungsgenerator (12) in das Substrat (10) eingekoppelten Hochfrequenzleistung zeitlich korreliert oder synchronisiert wird.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Magnetfeldspulen (21, 21') jeweils erzeugten Teilmagnetfelder (B , $-B$) simultan und synchron zueinander gepulst werden, und dass dieses Pulsen synchron mit der in das Substrat (10) eingekoppelten Hochfrequenzleistung erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

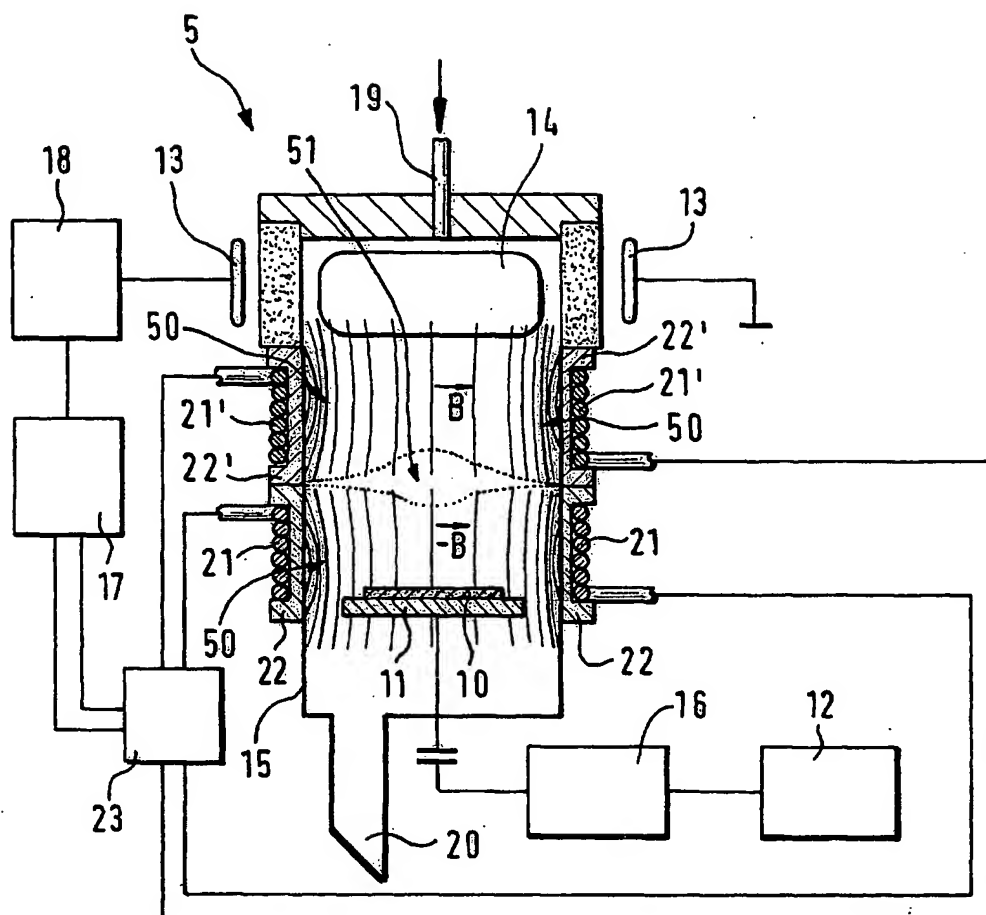


Fig. 1